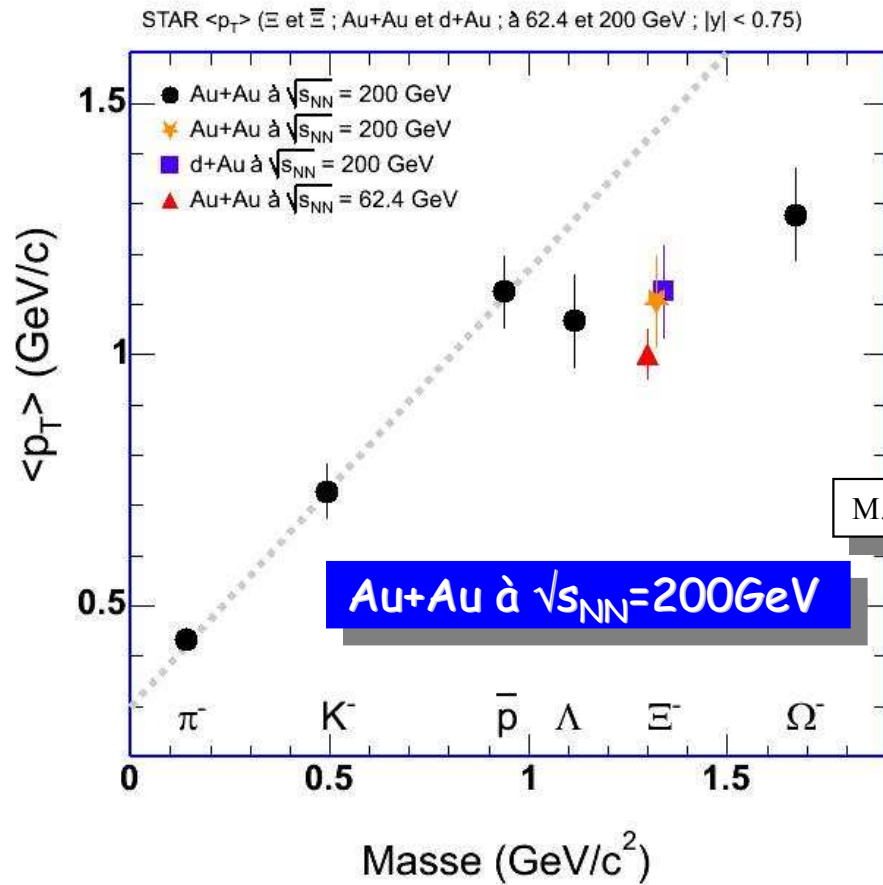
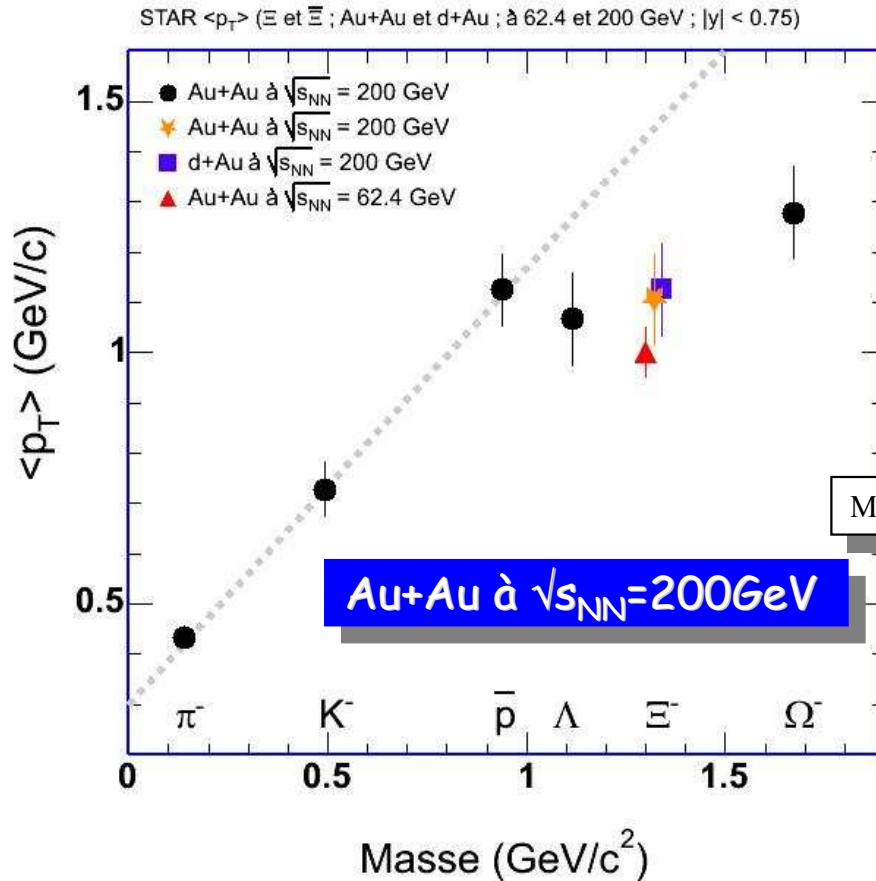


III - Un milieu de partons en interaction

pT collectivité Transversale



~~p_T collectivité~~ Transversalité

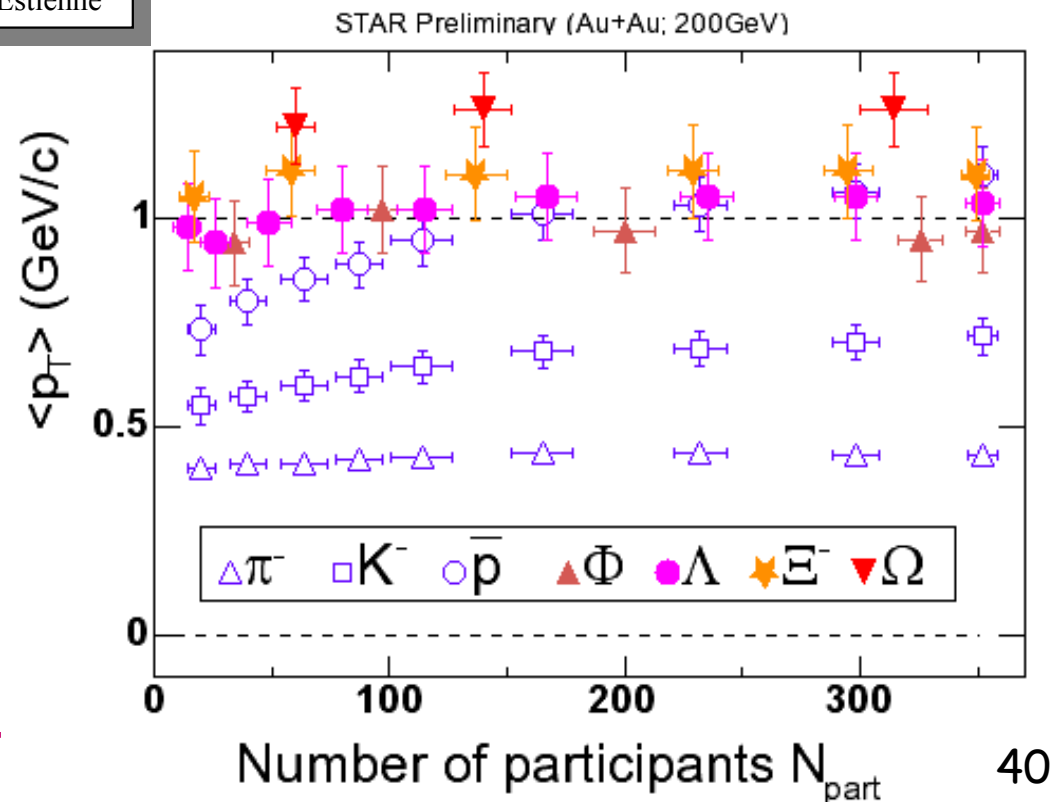


♣ π, K, p :

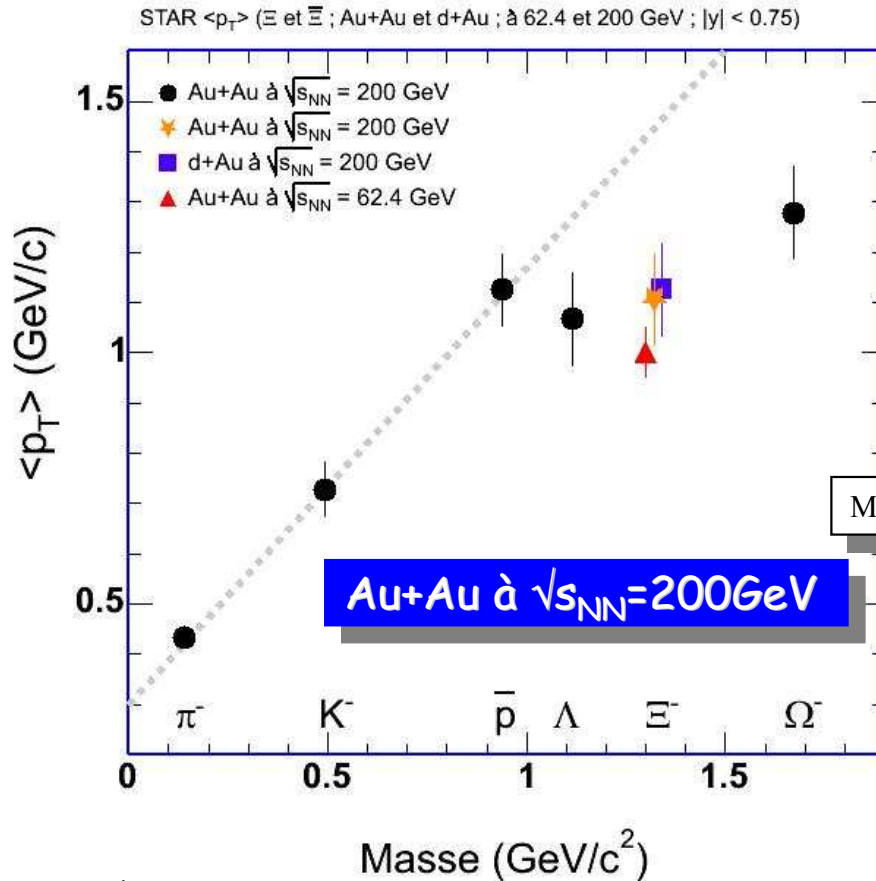
- augmentation douce avec la centralité
- d'autant plus marquée que la particule est massive

♣ Λ, ϕ, Ξ and Ω :

- Pas de dépendance avec la centralité



~~p collectivité~~ Transverse

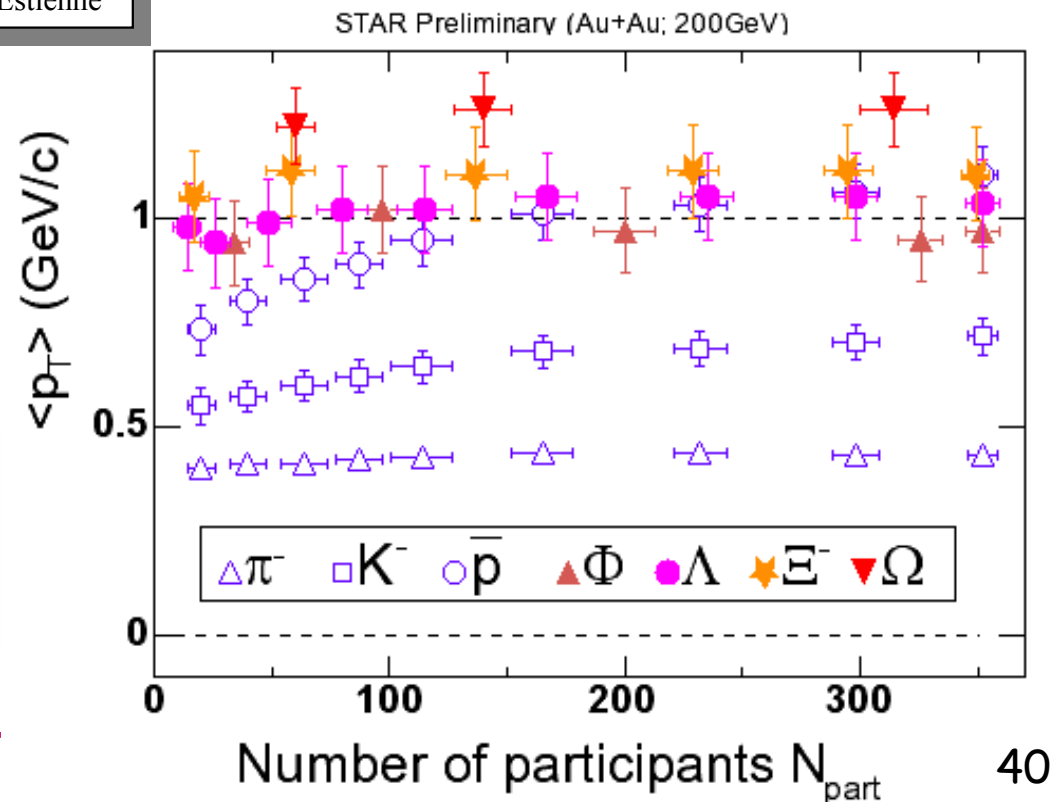


♣ π , K , p :

- augmentation douce avec la centralité
- d'autant plus marquée que la particule est massive

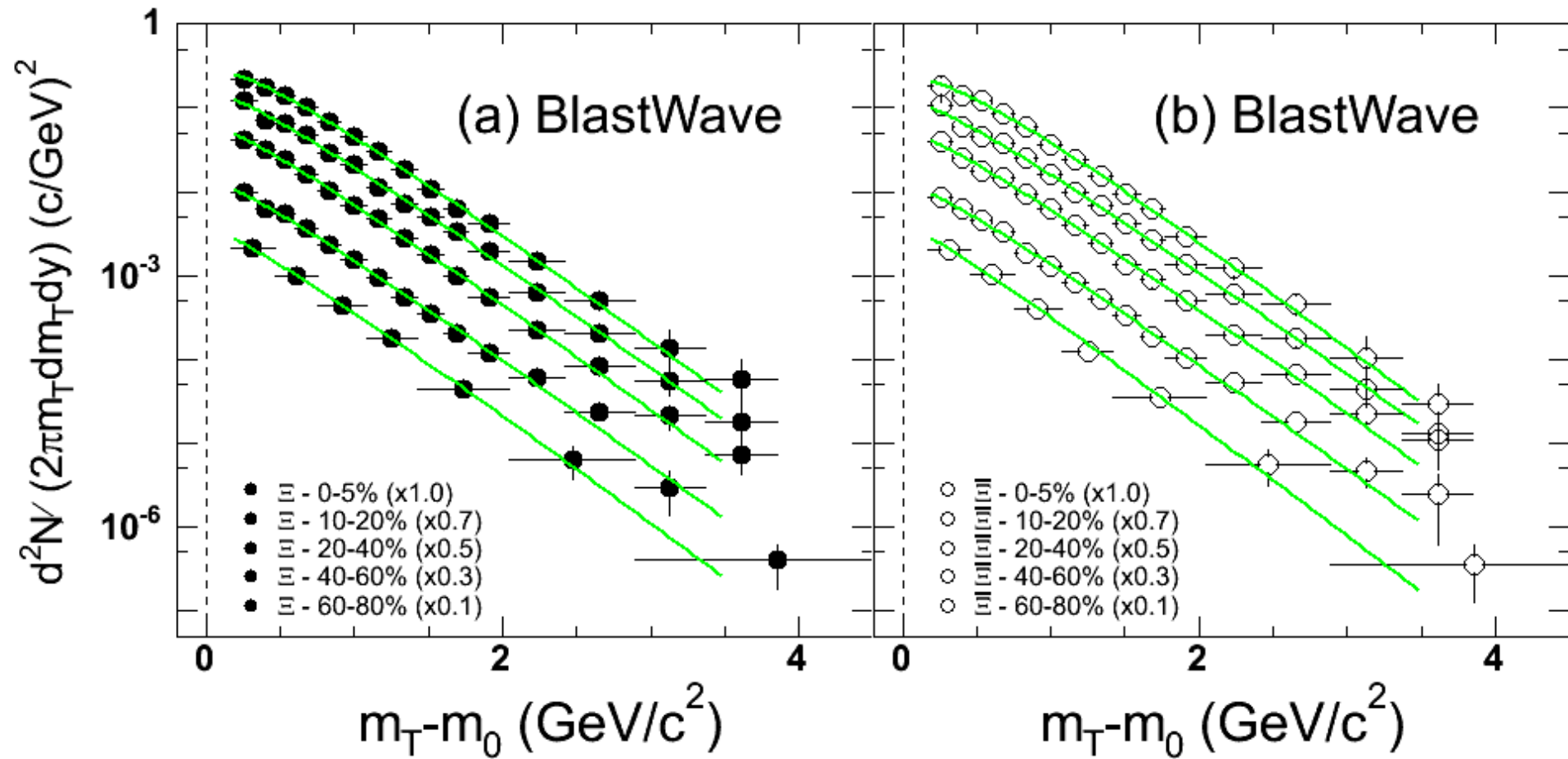
♣ Λ , ϕ , Ξ and Ω :

- Pas de dépendance avec la centralité



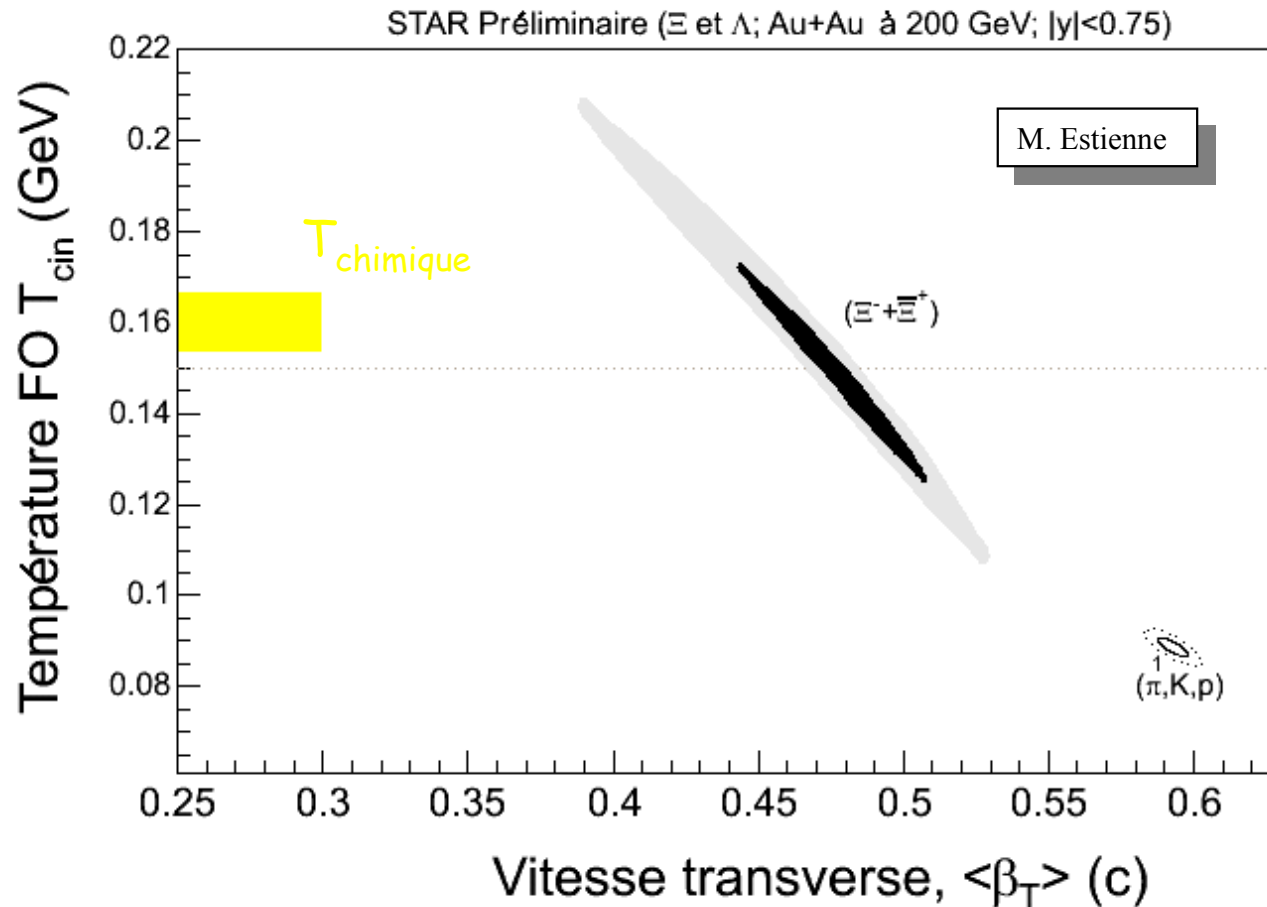
Comportement collectif différent pour les multi-étranges

Les conditions au freeze-out cinétique



M. Estienne

Les conditions au freeze-out cinétique



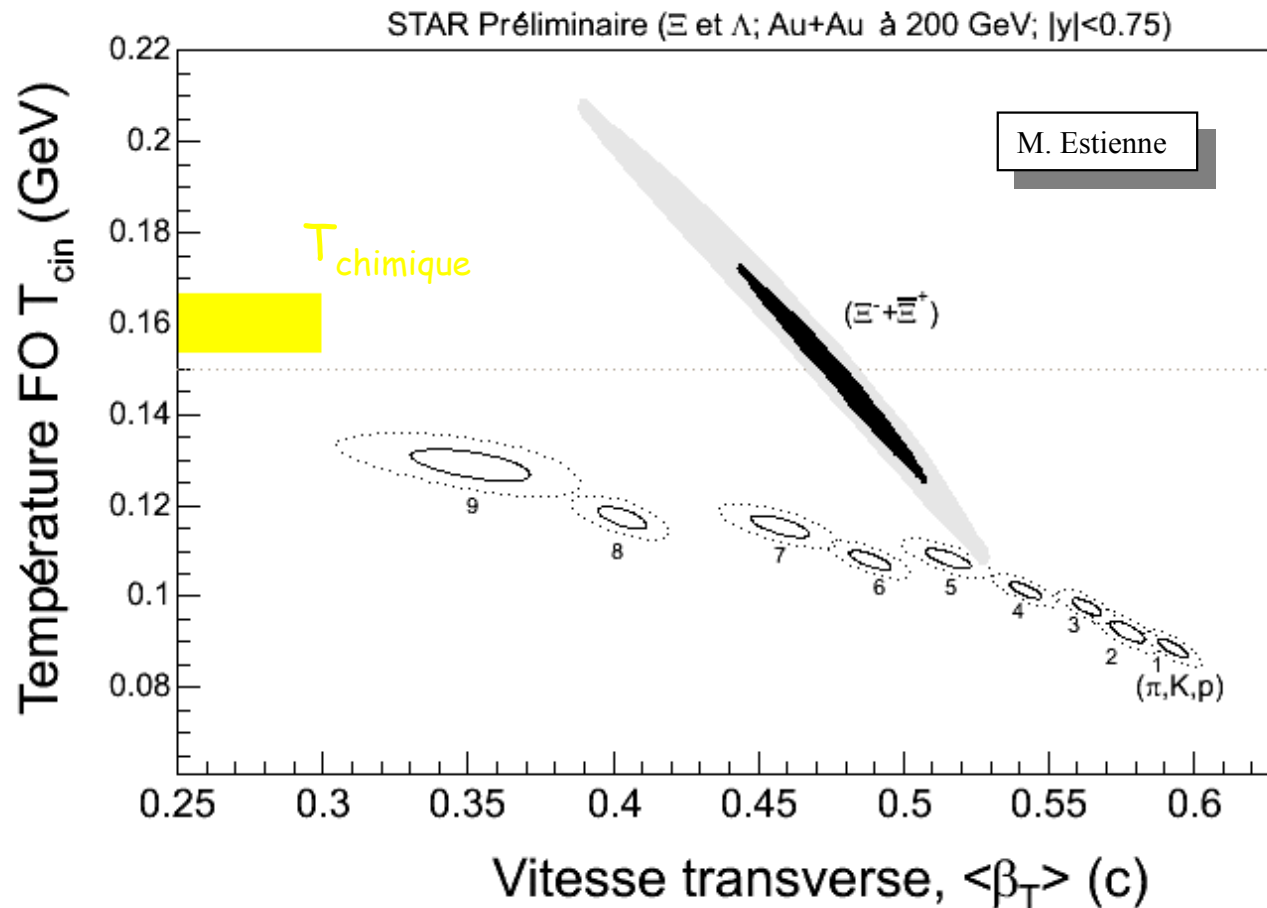
♣ π, K, p : FO cinétique commun

- $T_{\text{cin}} \sim 90 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.60 c$

♣ Ξ, Ω : FO cinétique différent

- $T_{\text{cin}} \sim 150 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.47 c$
- créés plus tôt

Les conditions au freeze-out cinétique



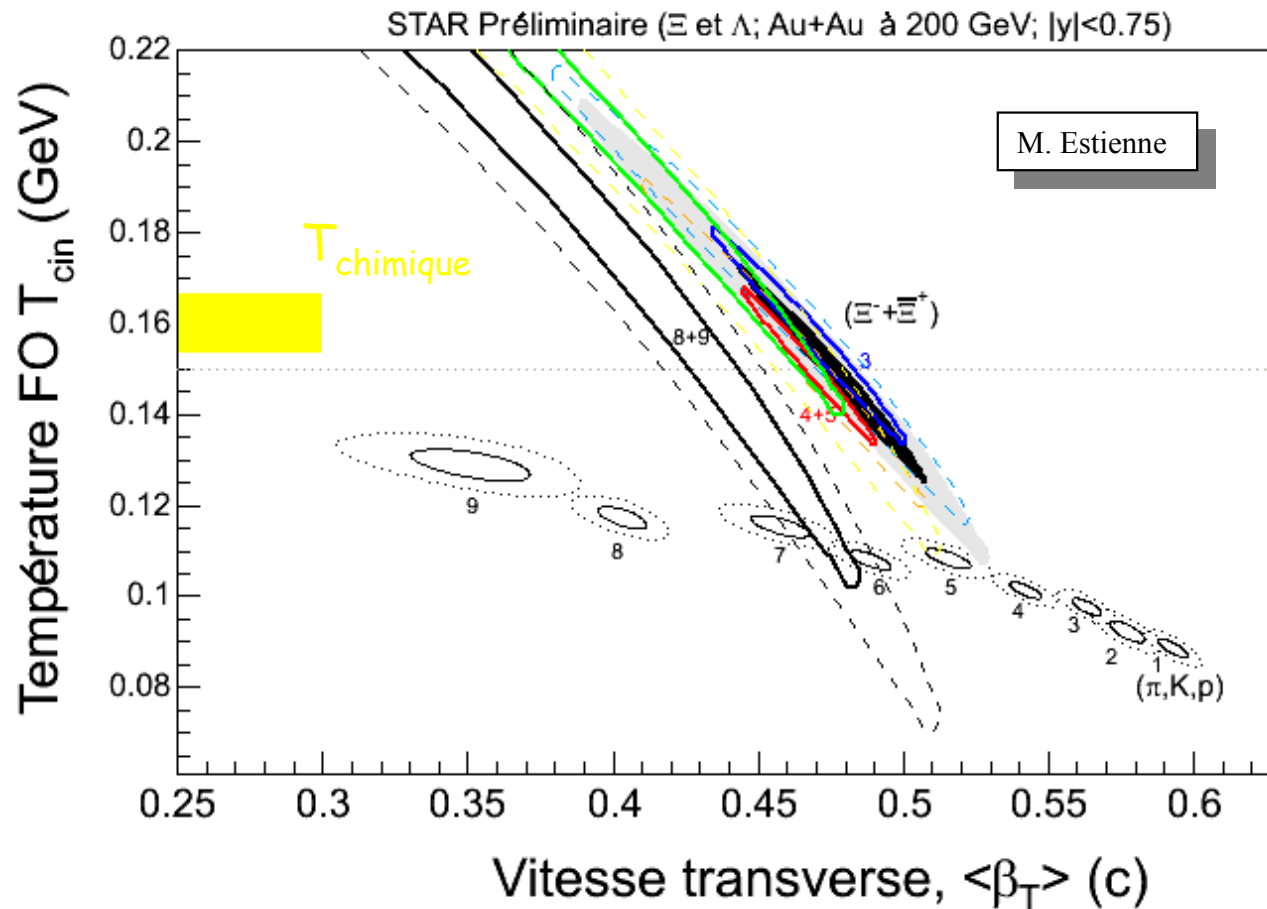
♣ π, K, p : FO cinétique commun

- $T_{\text{cin}} \sim 90 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.60 c$

♣ Ξ, Ω : FO cinétique différent

- $T_{\text{cin}} \sim 150 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.47 c$
- créés plus tôt

Les conditions au freeze-out cinétique



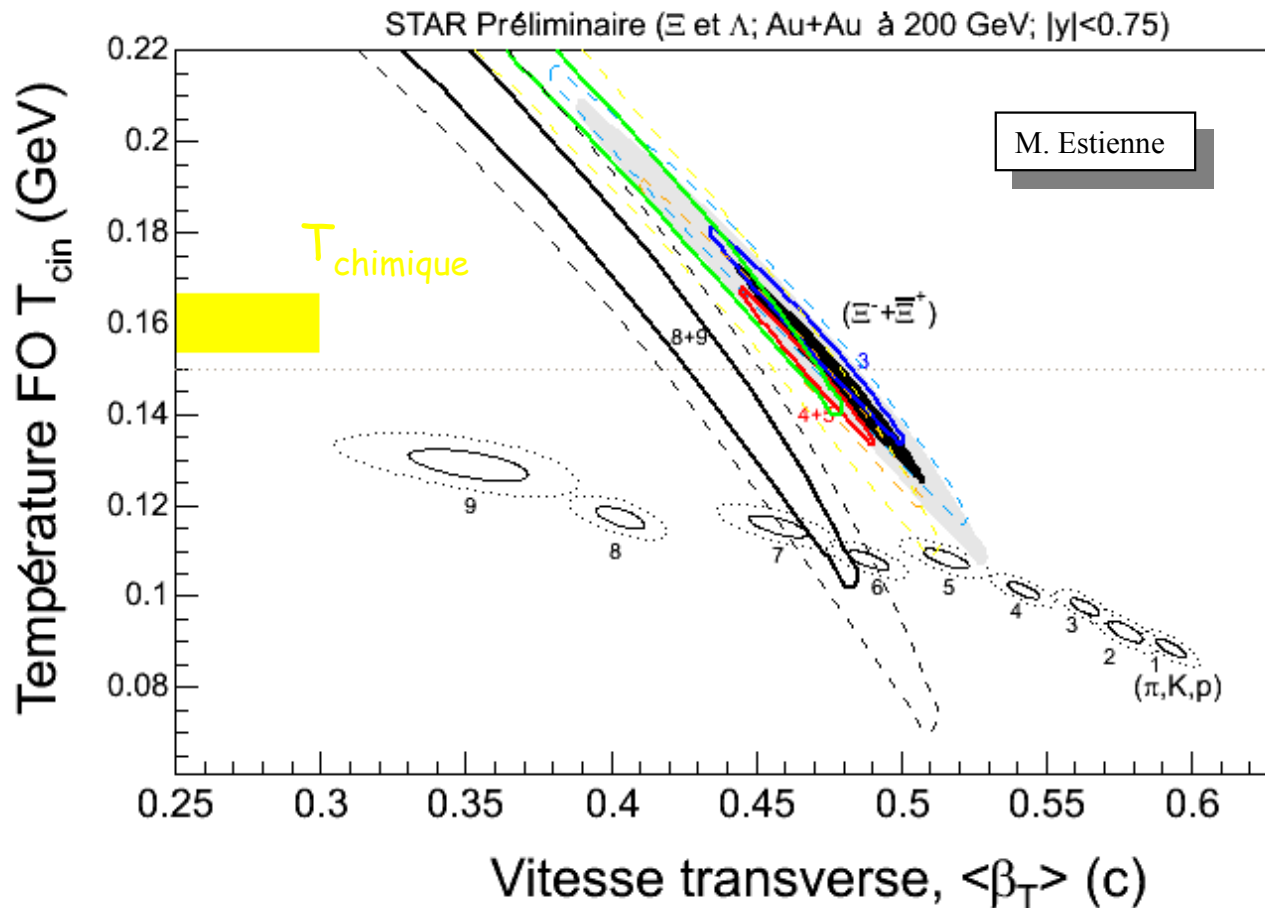
♣ π, K, p : FO cinétique commun

- $T_{\text{cin}} \sim 90 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.60 c$

♣ Ξ, Ω : FO cinétique différent

- $T_{\text{cin}} \sim 150 \text{ MeV}$
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.47 c$
- créés plus tôt

Les conditions au freeze-out cinétique



♣ π, K, p : FO cinétique commun

- $T_{cin} \sim 90$ MeV
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.60$ c

♣ Ξ, Ω : FO cinétique différent

- $T_{cin} \sim 150$ MeV
- $\langle \beta_{\perp} \rangle \sim 0.47$ c
- créés plus tôt

$T_{cin} \sim T_{ch}$ et
faible $\sigma_{int} \pi + \Xi$

- Flot majeur provient de l'interaction entre partons
- Sonde des premiers instants de la collision
- MSB doivent développer un flot elliptique important

Où les expériences et théories se contredisent

• PHENIX :

A priori ϕ pourrait être fitté avec (π , K, p) en contradiction avec les résultats de STAR. Trop grandes barres d'erreur.

⇒ freeze-out plus tardif dû à **réinteractions** dans la phase hadronique

⇒ **Plus de stat** attendue pour réduire barres d'erreur

Idem à 62.4 GeV

Où les expériences et théories se contredisent

● PHENIX :

A priori ϕ pourrait être fitté avec (π, K, p) en contradiction avec les résultats de STAR. Trop grandes barres d'erreur.

⇒ freeze-out plus tardif dû à **réinteractions** dans la phase hadronique

⇒ **Plus de stat** attendue pour réduire barres d'erreur

Idem à 62.4 GeV

Où les expériences et théories se contredisent

• PHENIX :

A priori ϕ pourrait être fitté avec (π, K, p) en contradiction avec les résultats de STAR. Trop grandes barres d'erreur.

⇒ freeze-out plus tardif dû à réinteractions dans la phase hadronique

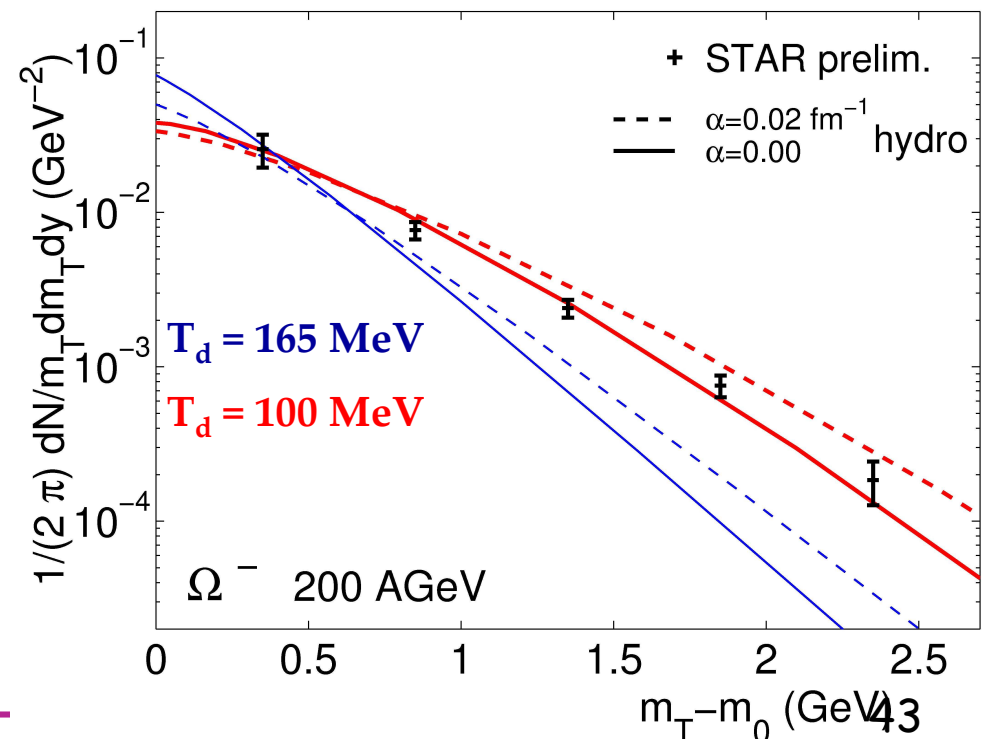
⇒ Plus de stat attendue pour réduire barres d'erreur

• $T_d \sim 100$ MeV reproduit mieux le spectre de Ω

• Contradiction avec BW T_{fo} (multi-étranges) $\sim T_{ch} \sim 160$ MeV

• Hydro demande beaucoup de rescattering des Ω dans phase hadronique pour reproduire les spectres

• BW suggère un découplage les MSB tôt
⇒ pas ou peu de rescattering dans la phase de hadrons



Où les expériences et théories se contredisent

• PHENIX :

A priori ϕ pourrait être fitté avec (π, K, p) en contradiction avec les résultats de STAR. Trop grandes barres d'erreur.

⇒ freeze-out plus tardif dû à réinteractions dans la phase hadronique

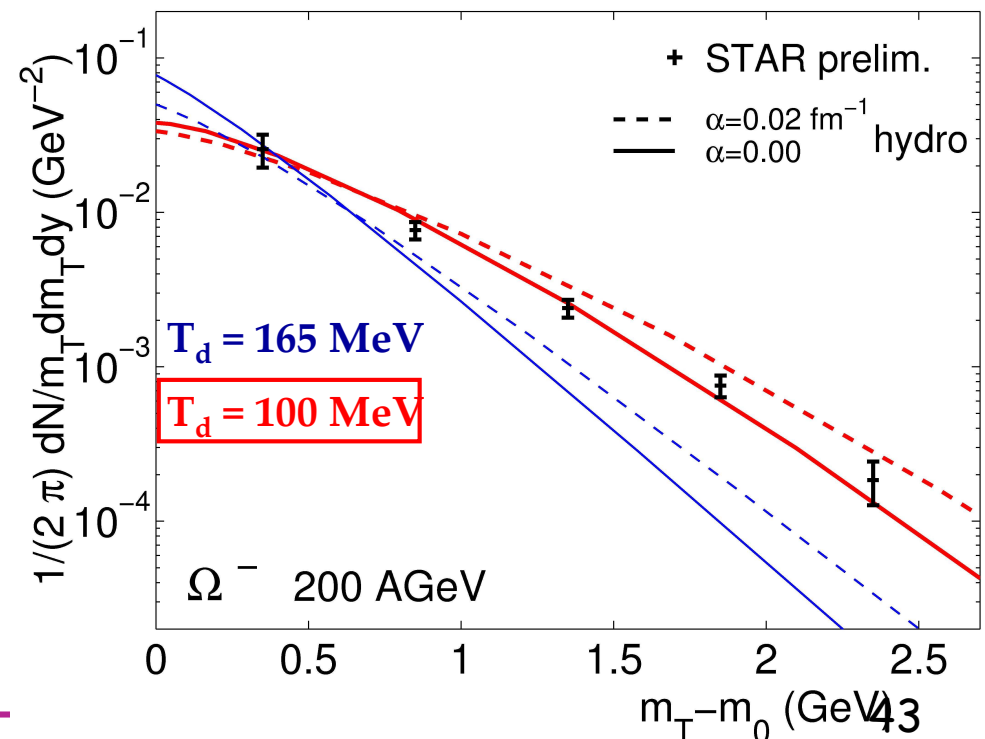
⇒ Plus de stat attendue pour réduire barres d'erreur

• $T_d \sim 100 \text{ MeV}$ reproduit mieux le spectre de Ω

• Contradiction avec BW T_{fo} (multi-étranges) $\sim T_{ch} \sim 160 \text{ MeV}$

• Hydro demande beaucoup de rescattering des Ω dans phase hadronique pour reproduire les spectres

• BW suggère un découplage les MSB tôt
⇒ pas ou peu de rescattering dans la phase de hadrons



Où les expériences et théories se contredisent

• PHENIX :

A priori ϕ pourrait être fitté avec (π, K, p) en contradiction avec les résultats de STAR. Trop grandes barres d'erreur.

⇒ freeze-out plus tardif dû à **réinteractions** dans la phase hadronique

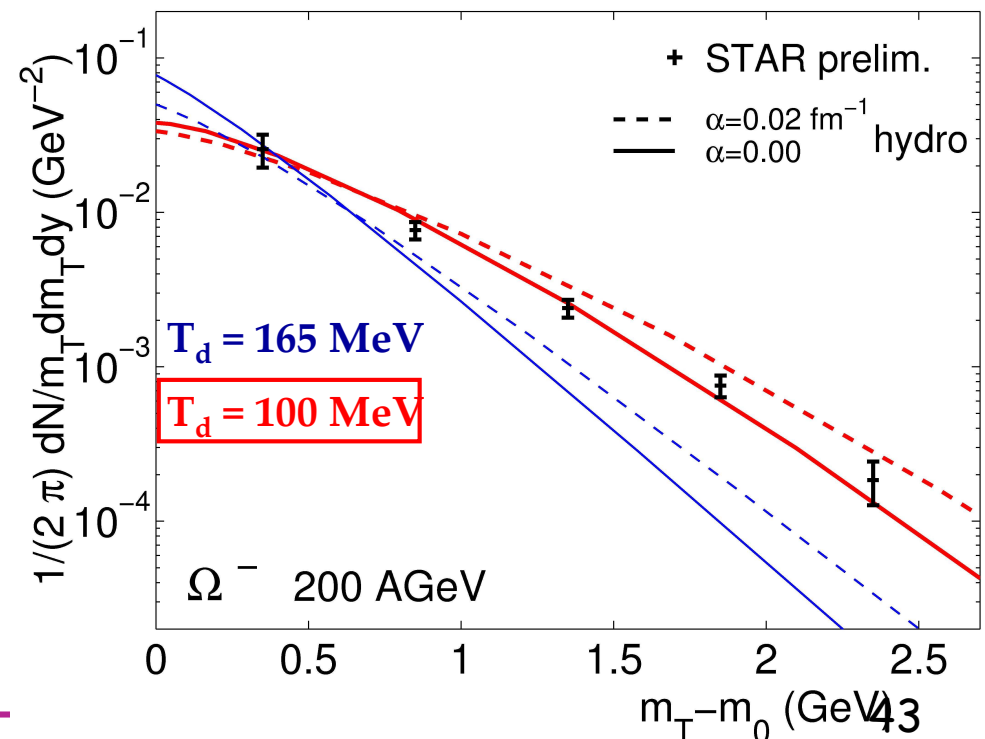
⇒ **Plus de stat** attendue pour réduire barres d'erreur

• $T_d \sim 100 \text{ MeV}$ reproduit mieux le spectre de Ω

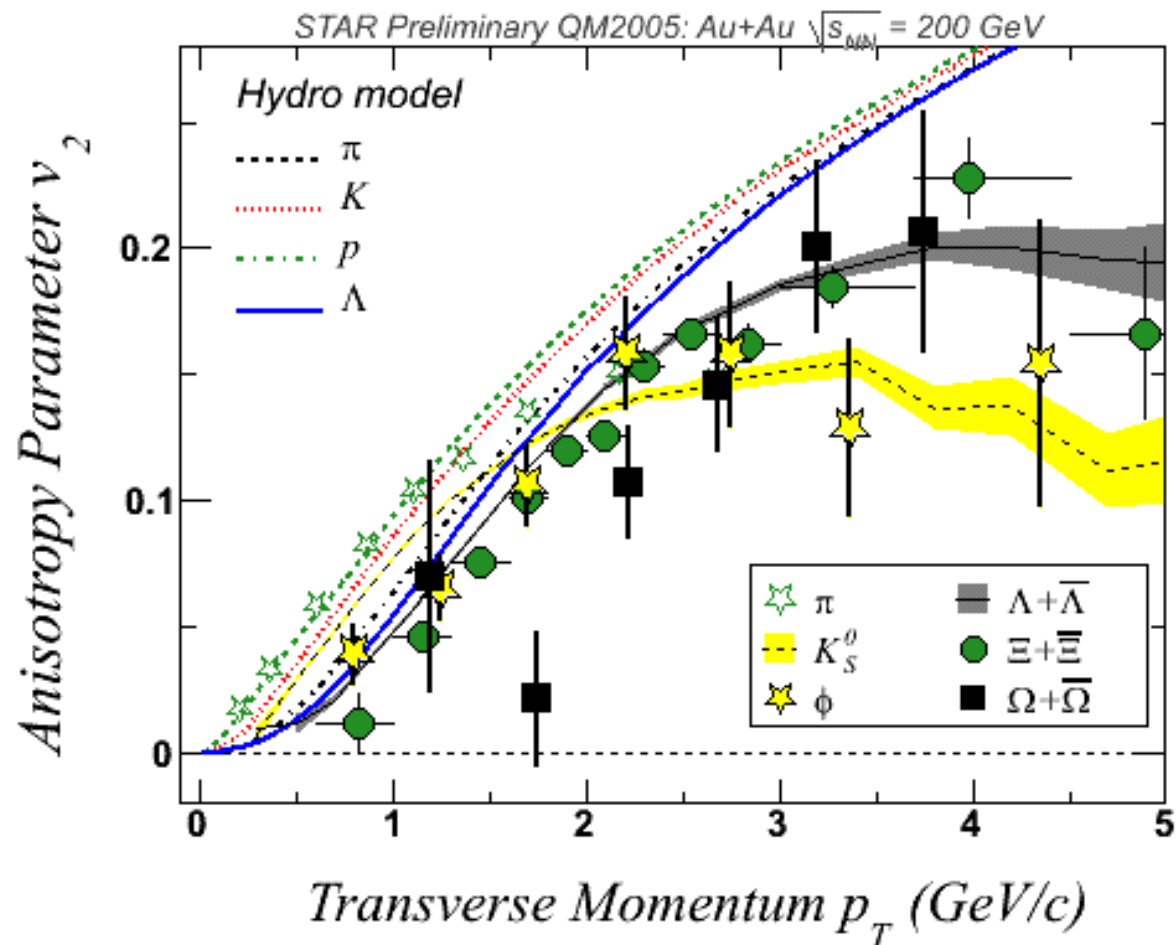
• Contradiction avec BW T_{fo} (multi-étranges) $\sim T_{ch} \sim 160 \text{ MeV}$

• Hydro demande beaucoup de rescattering des Ω dans phase hadronique pour reproduire les spectres

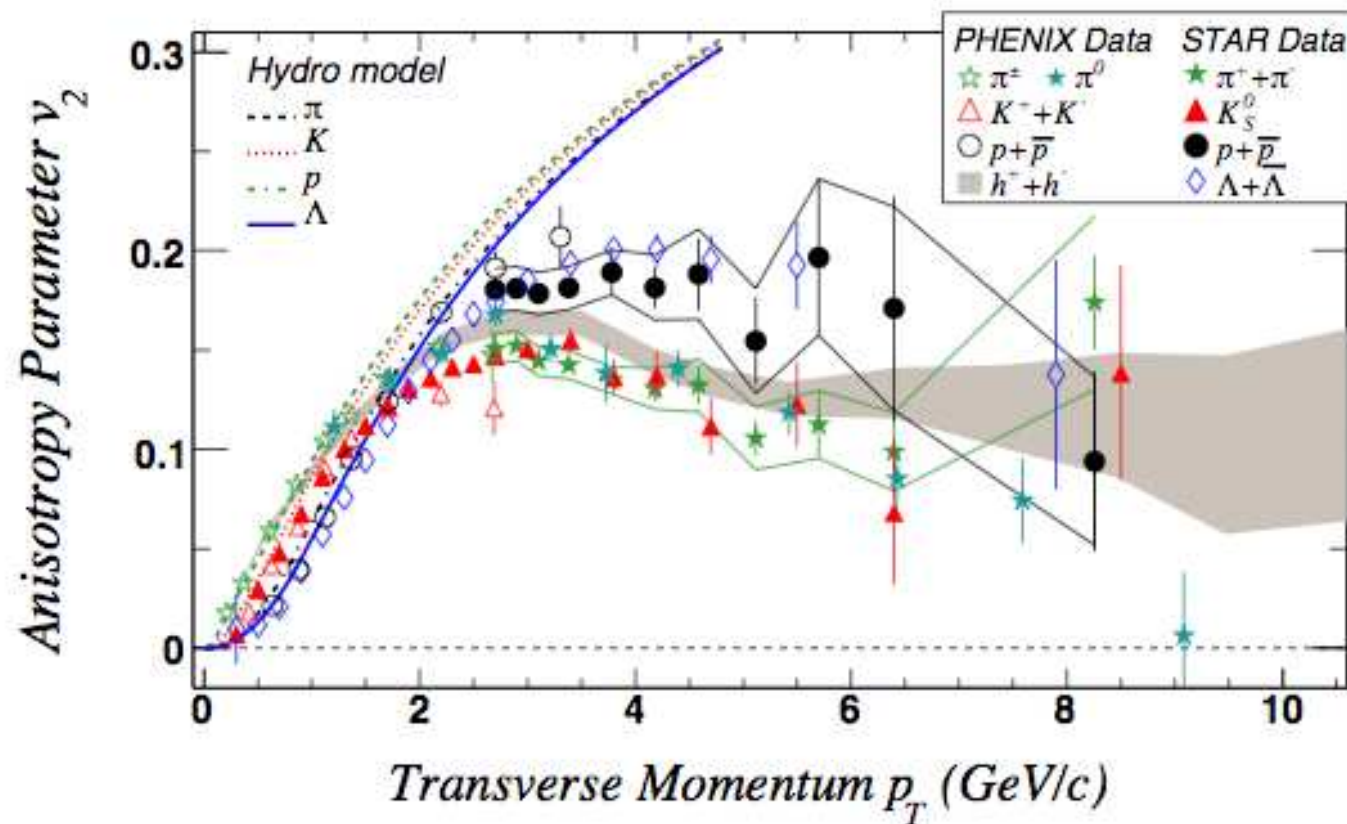
• BW suggère un découplage les MSB tôt
⇒ pas ou peu de rescattering dans la phase de hadrons



v_2 des hadrons multi-étranges

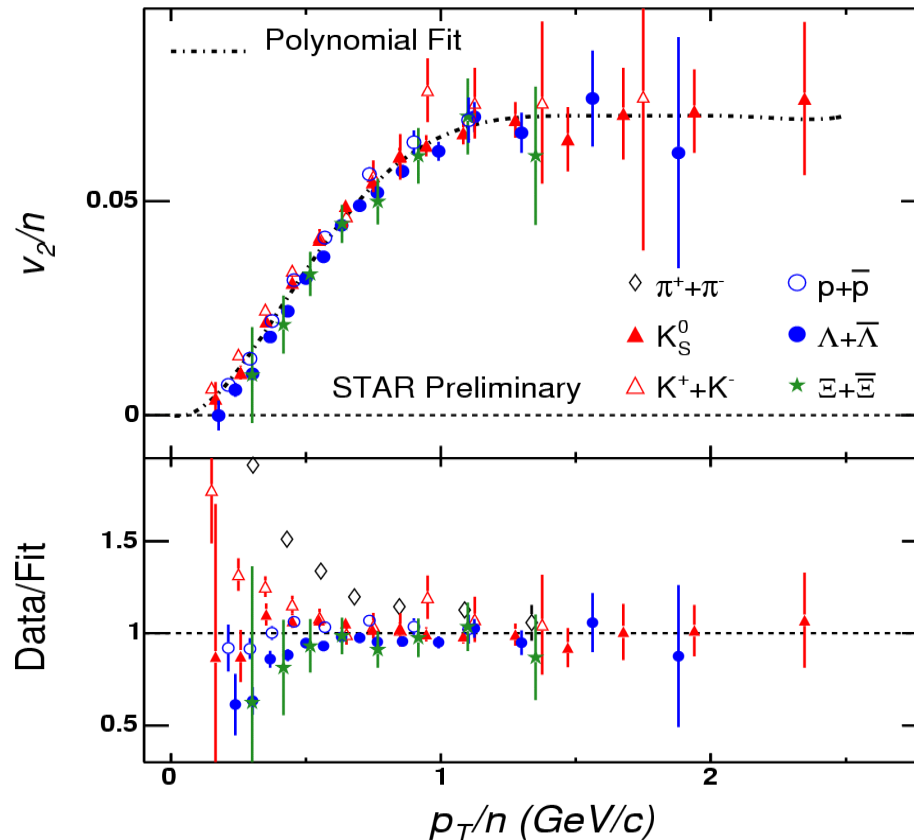


Augmentation des baryons “In-plane”



- Les taux de production des baryons **augmentent plus dans le plan de réaction** que ceux des mésons
- A $p_T \sim 1.5 \text{ GeV/c}$, **changement** de mécanisme de production ?
- A p_T intermédiaire, v_2 des hadrons dépendance en **nombre de quarks constituants**

n_q Scaling



Comme l'hadronisation est un processus soft, elle peut être modifiée par la présence d'un PQG.

Des modèles simples de **coalescence** relient le v_2 des quarks à celui des hadrons :

$$v_2^q = v_2^h(p_T/n)/n,$$

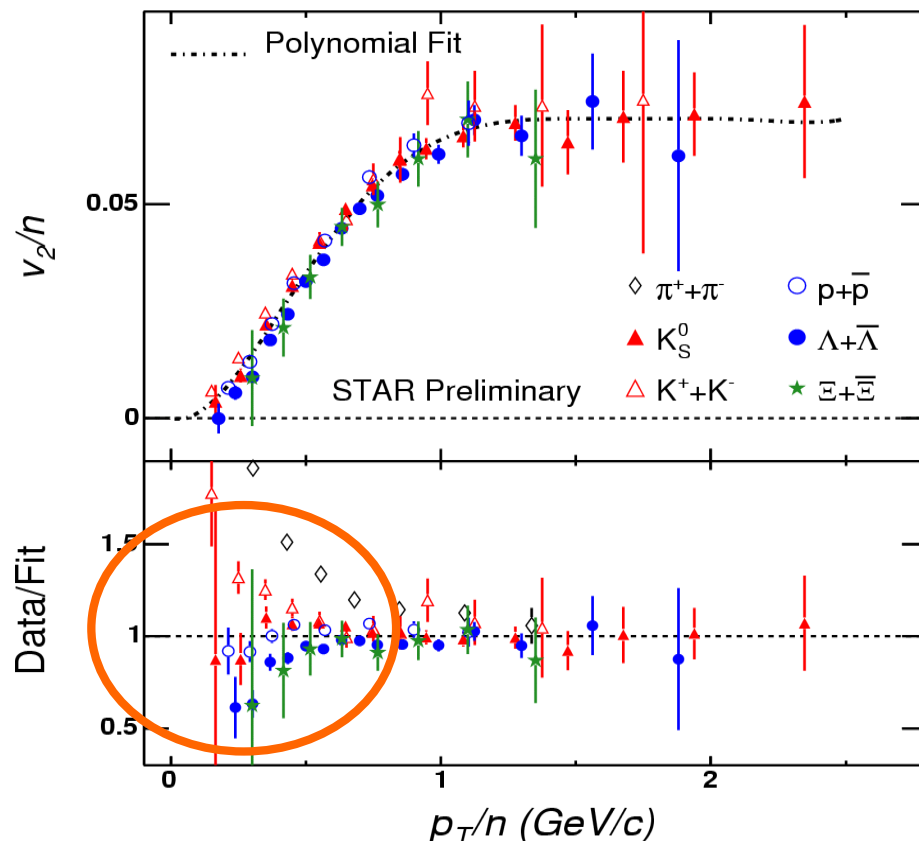
n est le nombre de quarks dans un hadron à **p_T intermédiaire** !

PHENIX PRL91(2003)182301 / STAR PRL92(2004)052302

Ces modèles impliquent :

- v_2 est développé avant que les hadrons soient formés (Q : et après ?)
- un déconfinement : de l'interaction entre quarks et pas qu'entre hadrons
=> suggère le développement d'un flot partonique

n_q Scaling



Comme l'hadronisation est un processus soft, elle peut être modifiée par la présence d'un PQG.

Des modèles simples de **coalescence** relient le v_2 des quarks à celui des hadrons :

$$v_2^q = v_2^h(p_T/n)/n,$$

n est le nombre de quarks dans un hadron à p_T intermédiaire !

Le scaling n'est pas universel et dévie à bas p_T où l'hydro domine !!!

PHENIX PRL91(2003)182301

/ STAR PRL92(2004)052302

Ces modèles impliquent :

- v_2 est développé avant que les hadrons soient formés (Q : et après ?)
- un déconfinement : de l'interaction entre quarks et pas qu'entre hadrons
=> suggère le développement d'un flot partonique

Scaling des harmoniques supérieures

Si l'on suppose vraie la coalescence de quarks :

$$\frac{dN_n}{dy p_T dp_T d\varphi} \sim (1 + 2 v_2^q \cos(2\varphi) + 2 v_4^q \cos(4\varphi) + \dots)^n$$

↙ quarks ↗ 2 pour les mésons ↑

$$v_4 / v_2^2 \approx 1/4 + (1/2) [v_4/v_2^2]^q_{pt/2} \text{ pour les mésons}$$

$$v_4 / v_2^2 \approx 1/3 + (1/3) [v_4/v_2^2]^q_{pt/3} \text{ pour les baryons}$$

On suppose vrai le quark scaling : $v_n^q = (v_2^q)^{(n/2)}$

$$v_4 / v_2^2 \approx 1/4 + 1/2 = 3/4 \text{ pour les mésons}$$

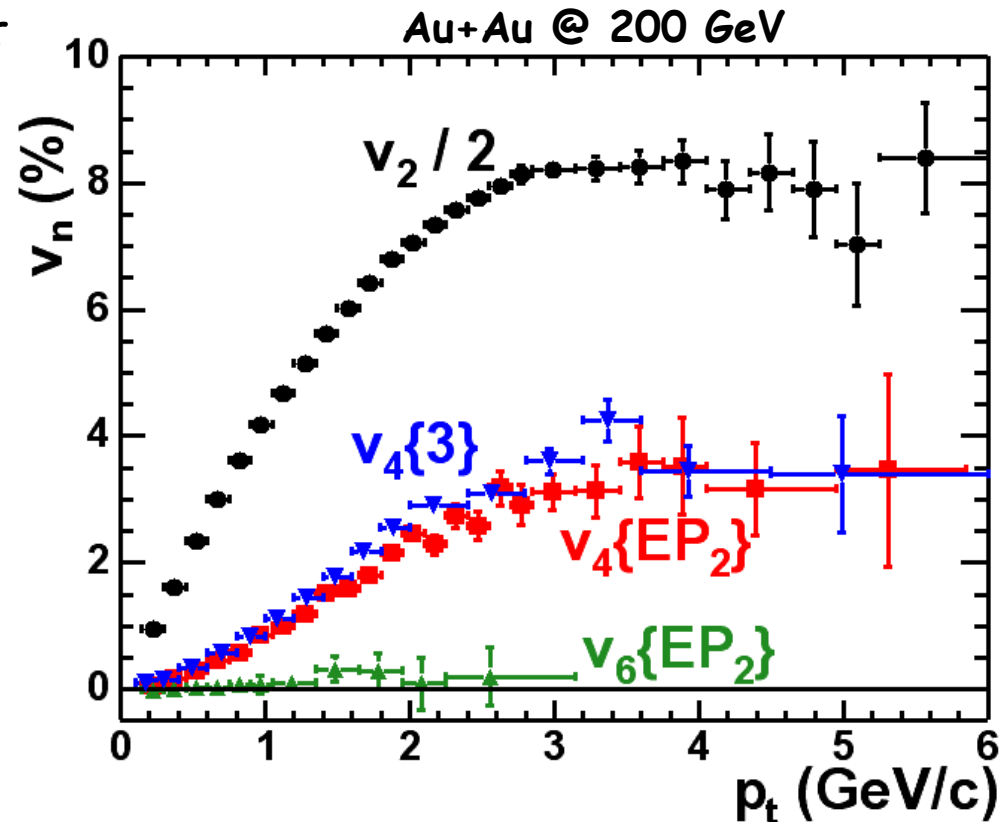
$$v_4 / v_2^2 \approx 1/3 + 1/3 = 2/3 \text{ pour les baryons}$$

Kolb, Chen, Greco & Ko – Phys. Rev. C 69, 051901

Chen, Ko & Lin – Phys. Rev. C 69, 031901

$v_4(p_t)$ et $v_6(p_t)$ @ 200 GeV

- utilisation du flot elliptique pour estimer le plan de la réaction
- Résultats équivalents pour v_4 par 2 méthodes différentes
- Résultats équivalents à 62.4 GeV



STAR Coll.
PRL 92, 062301 (2004)

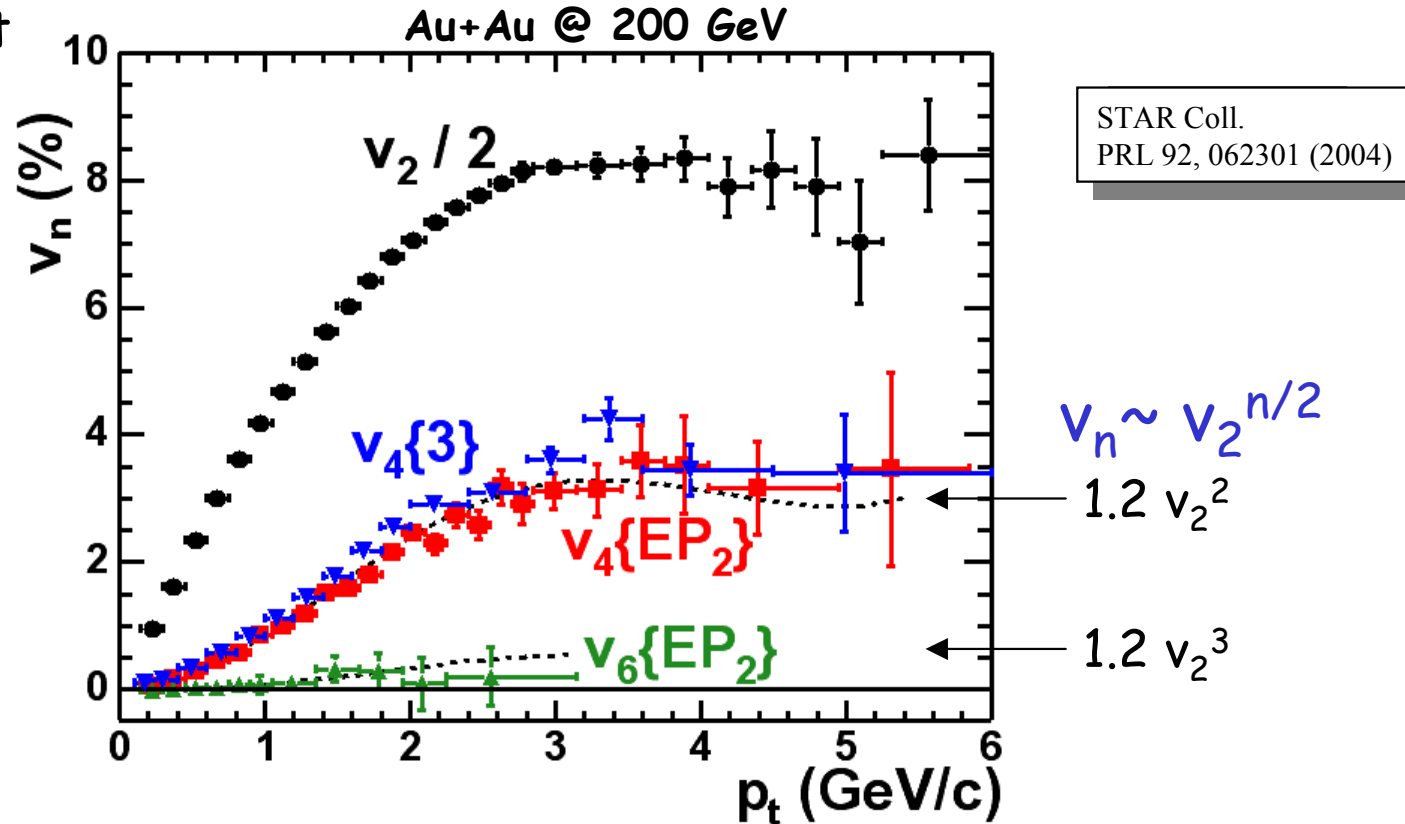
- Facteur 1.2 et non 3/4 pour les pions :
 => Modèle de coalescence trop simple ?
 => Relation du parton scaling différente ?

- En revanche : $v_4 \sim v_2^2$
 $v_6 \sim v_2^3$ } $v_n \sim v_2^{n/2}$

v_n scale comme $v_2^{n/2}$
 comme l'ont suggéré
 J-Y Ollitrault et
 modèle AMPT

$v_4(p_t)$ et $v_6(p_t)$ @ 200 GeV

- utilisation du flot elliptique pour estimer le plan de la réaction
- Résultats équivalents pour v_4 par 2 méthodes différentes
- Résultats équivalents à 62.4 GeV



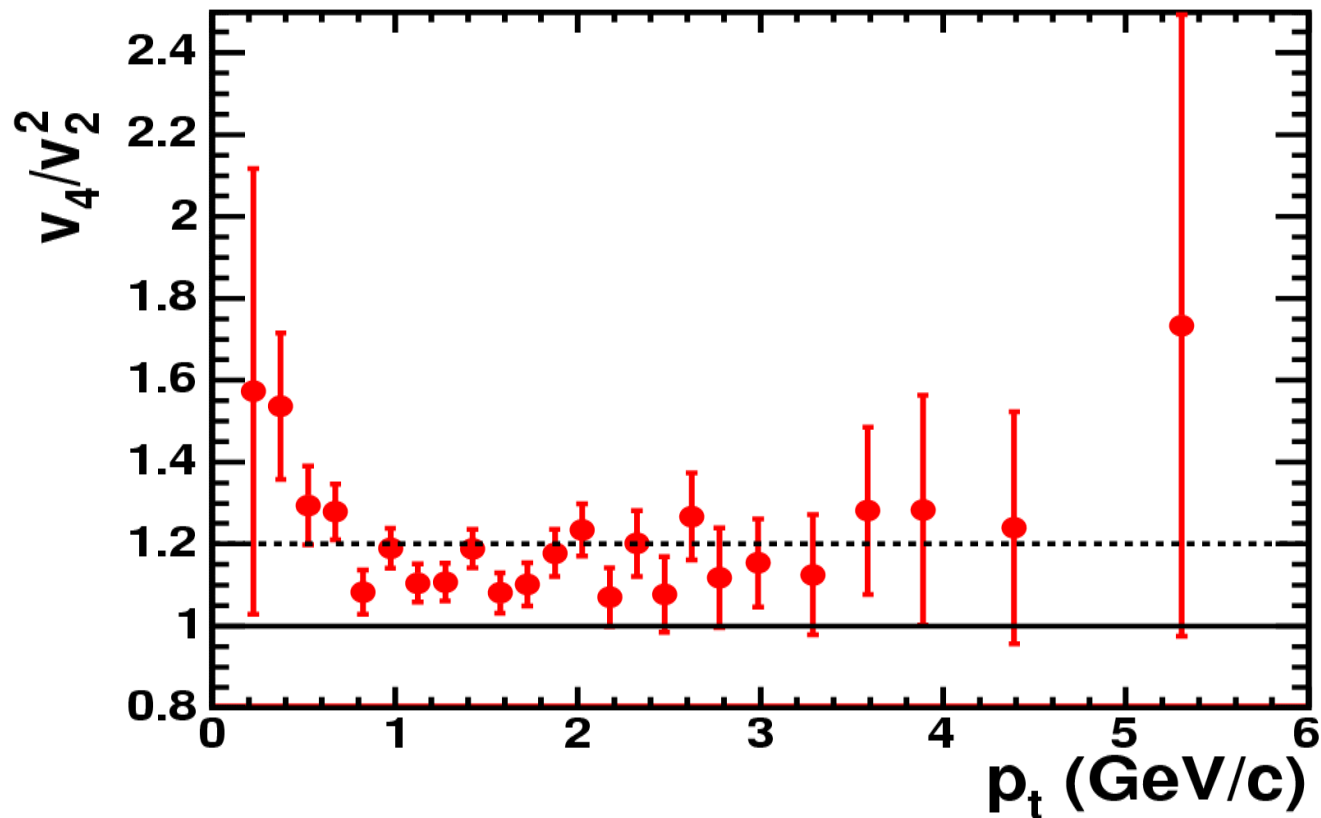
- Facteur 1.2 et non 3/4 pour les pions :
 => Modèle de coalescence trop simple ?
 => Relation du parton scaling différente ?

- En revanche : $v_4 \sim v_2^2$
 $v_6 \sim v_2^3$ } $v_n \sim v_2^{n/2}$

v_n scale comme $v_2^{n/2}$
 comme l'ont suggéré
 J-Y Ollitrault et
 modèle AMPT

$$v_4/v_2^2$$

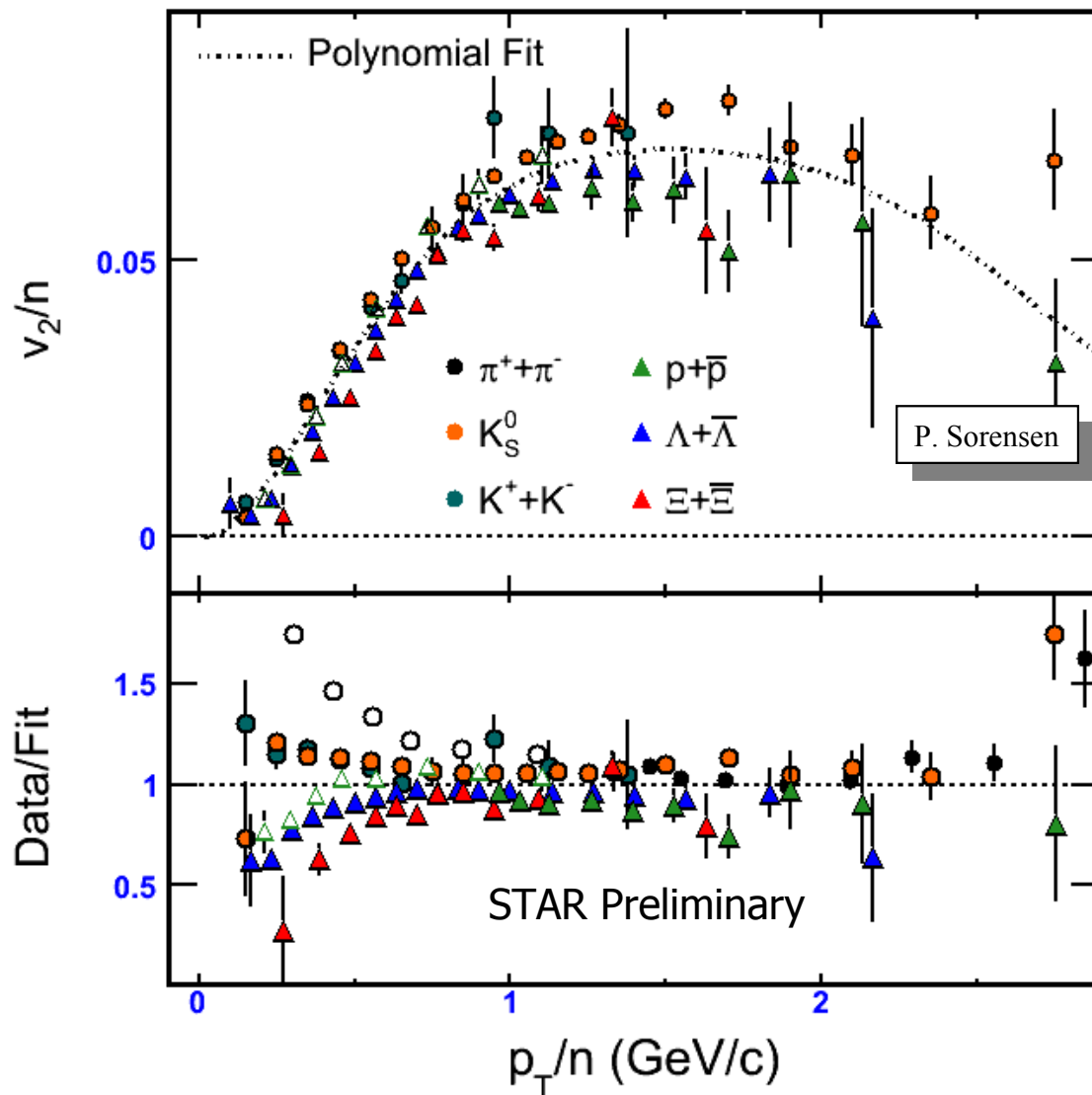
Cependant...



- L'hydro idéale devrait conduire à 0.5 et non 1.2 !
- Est-ce un signe de non thermalisation ?
- 0.5 valeur à attendre au LHC ?

Borghini, Ollitrault, nucl-th/0506045
 Kolb, Phys. Rev. C68, 031902
 Borghini et al., Phys. Lett. B627, 49

Nouveau résultat $v_2(p_T/n)/n$ (run 4)

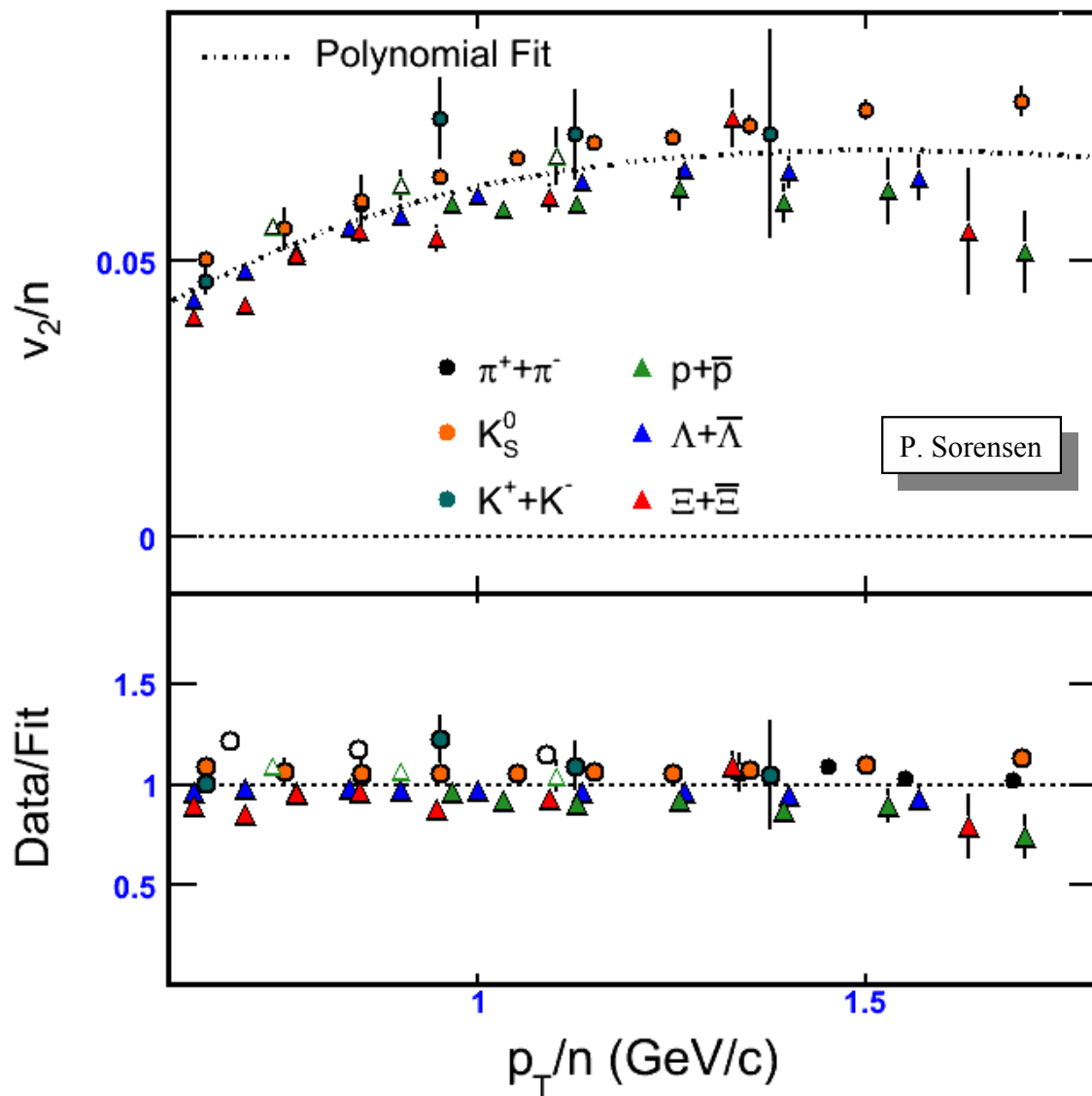


- Avec plus de précision, **une structure plus précise** est observée : le *scaling* ne suit pas exactement NCQ (3 contre 2)
- Est-ce la preuve d'une approximation trop simpliste ? Est-ce que l'on observe quelque chose de nouveau ?

Q: Est-ce que les modèles de coalescence doivent être invalidés ?

A: Pas nécessairement. Le modèle ReCo avait déjà anticipé qu'un scaling v_2/n n'était pas suffisant pour décrire les données.

Nouveau résultat $v_2(p_T/n)/n$ (run 4)



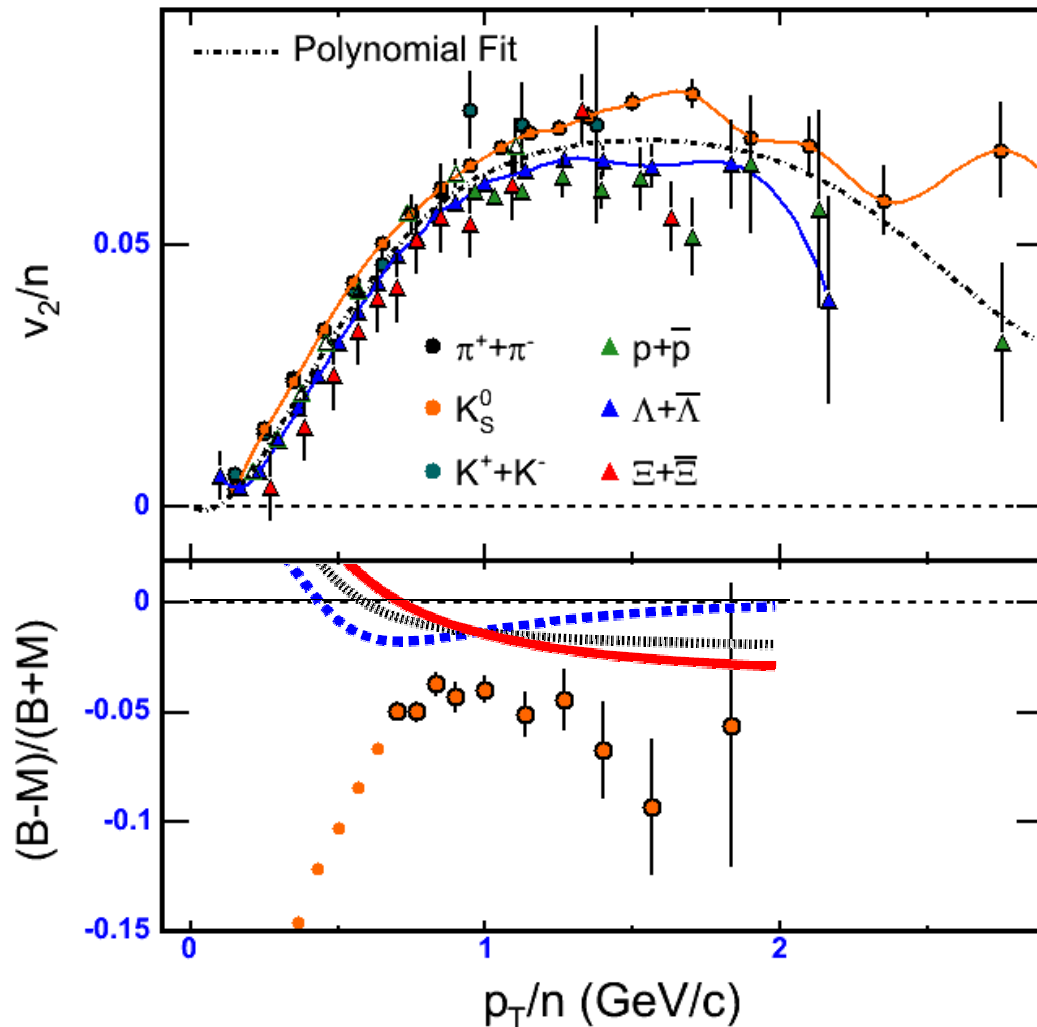
- Avec plus de précision, **une structure plus précise** est observée : le *scaling* ne suit pas exactement NCQ (3 contre 2)

- Est-ce la preuve d'une approximation trop simpliste ?
Est-ce que l'on observe quelque chose de nouveau ?

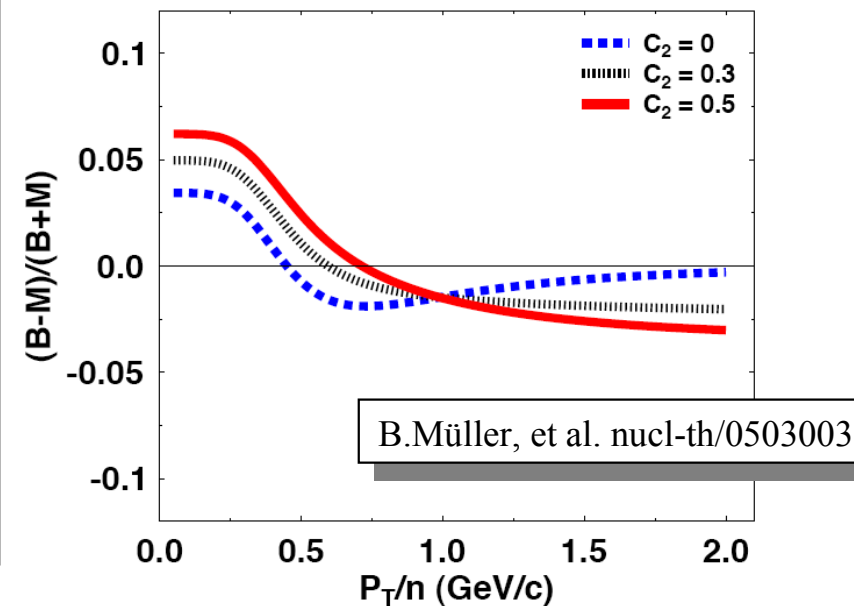
Q: Est-ce que les modèles de coalescence doivent être invalidés ?

A: Pas nécessairement. Le modèle ReCo avait déjà anticipé qu'un scaling v_2/n n'était pas suffisant pour décrire les données.

Comparaisons avec les prédictions

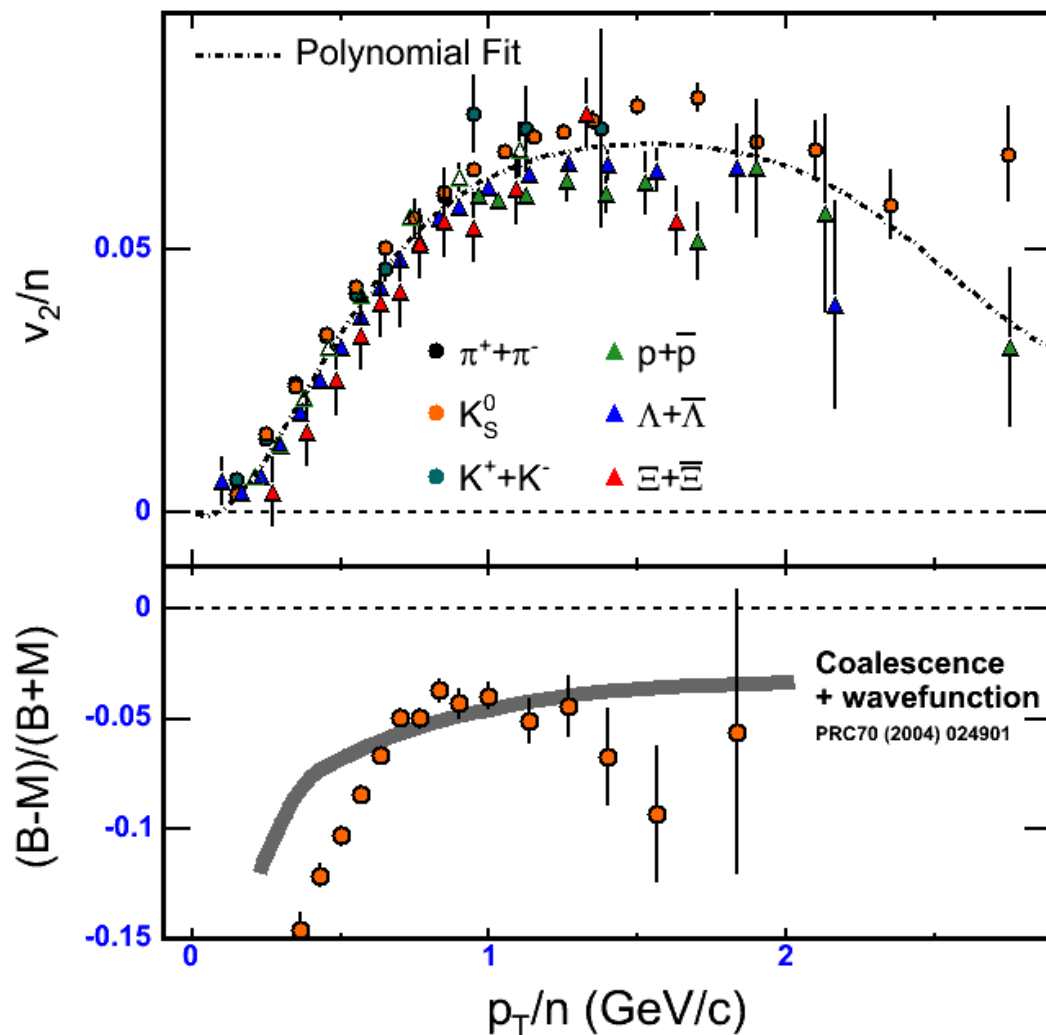


L'ajout de la contribution des gluons dans recombination prévoit un plus grand v_2/n pour les mésons que pour les baryons

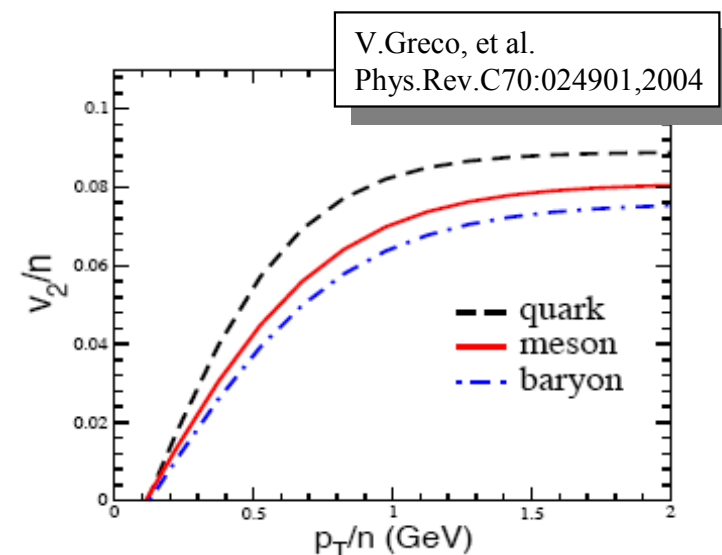


- Hiérarchie mésons/baryons du v_2/n bien respectée.
- Indication tentante que la contribution des gluons n'est pas sans effet ainsi que la nature même des constituants.
- L'estimation des erreurs systématiques sur les données et les calculs doivent être encore améliorés.

Comparisons avec les prédictions

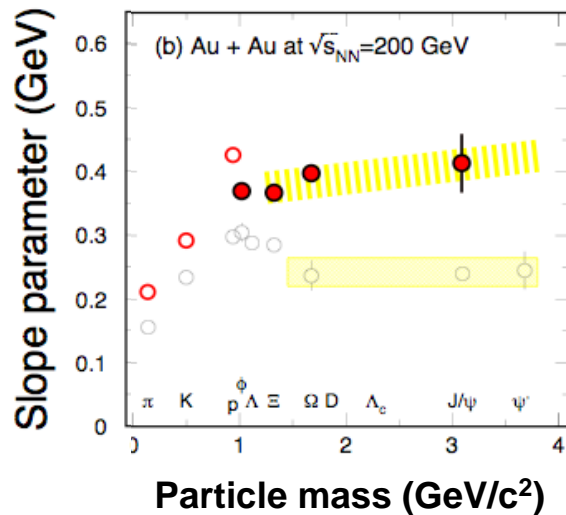


Effet de la **distribution en impulsion des quarks** à l'intérieur des hadrons sur leur production :

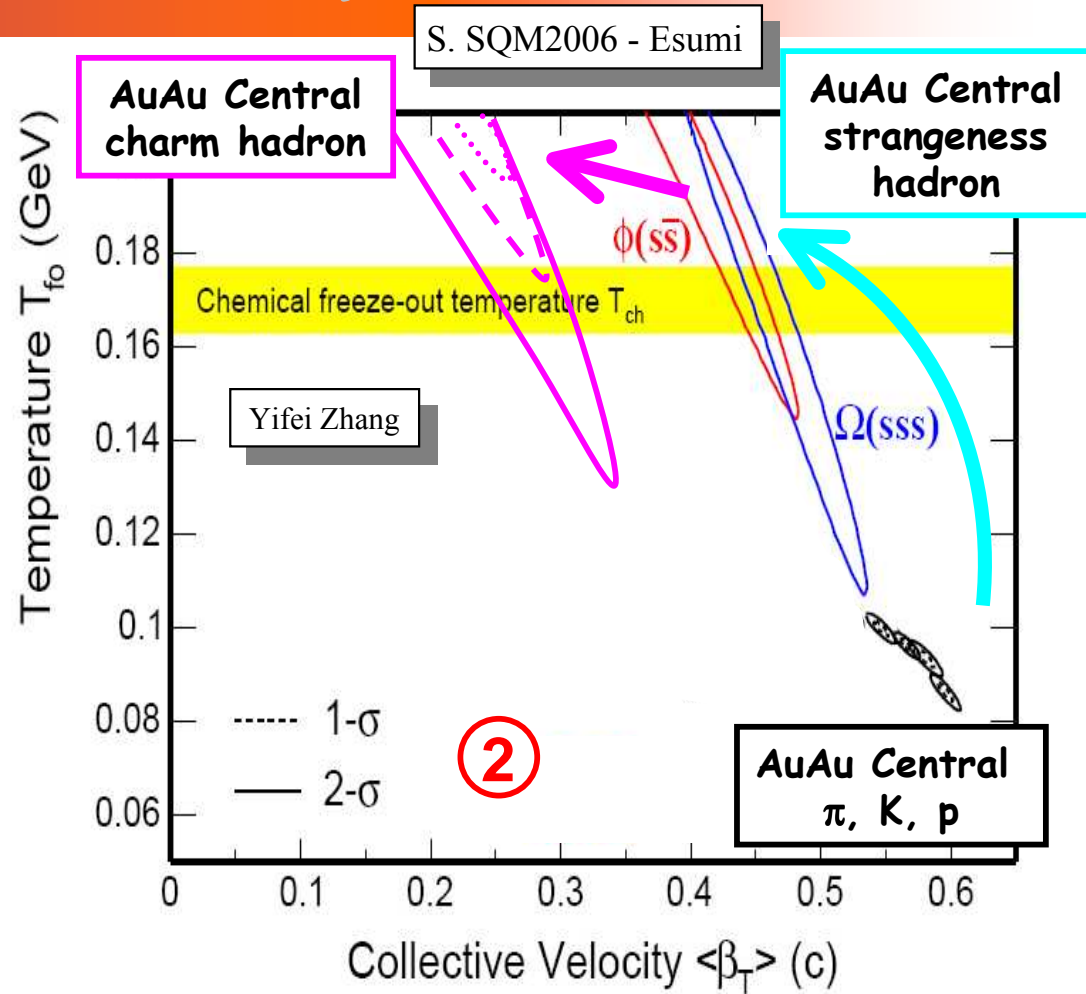
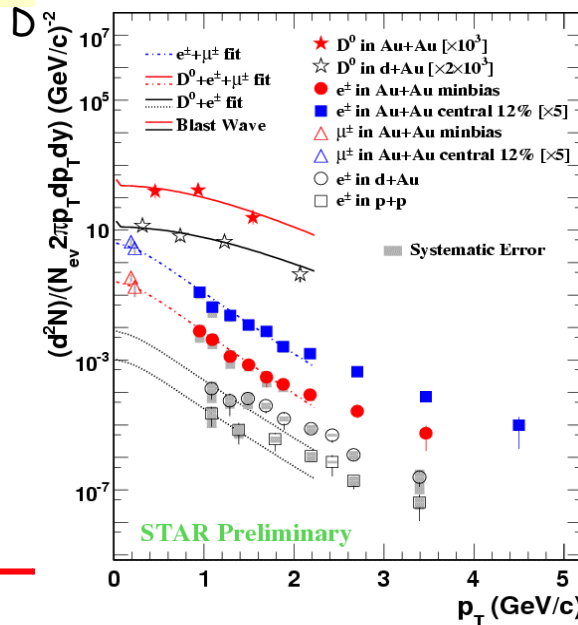


- Une **distribution en impulsion des quarks** dans les hadrons conduit à un v_2/n proche des données.
- La composante due à la fragmentation n'intervient qu'à plus haut p_T

L'étape suivante vers la thermalisation : le flot du charme



➤ Blastwave fit sur les spectres des mésons D et des single electrons and muon issus de la décroissance des mésons



➤ Flot radial différent de zéro de J/ Ψ

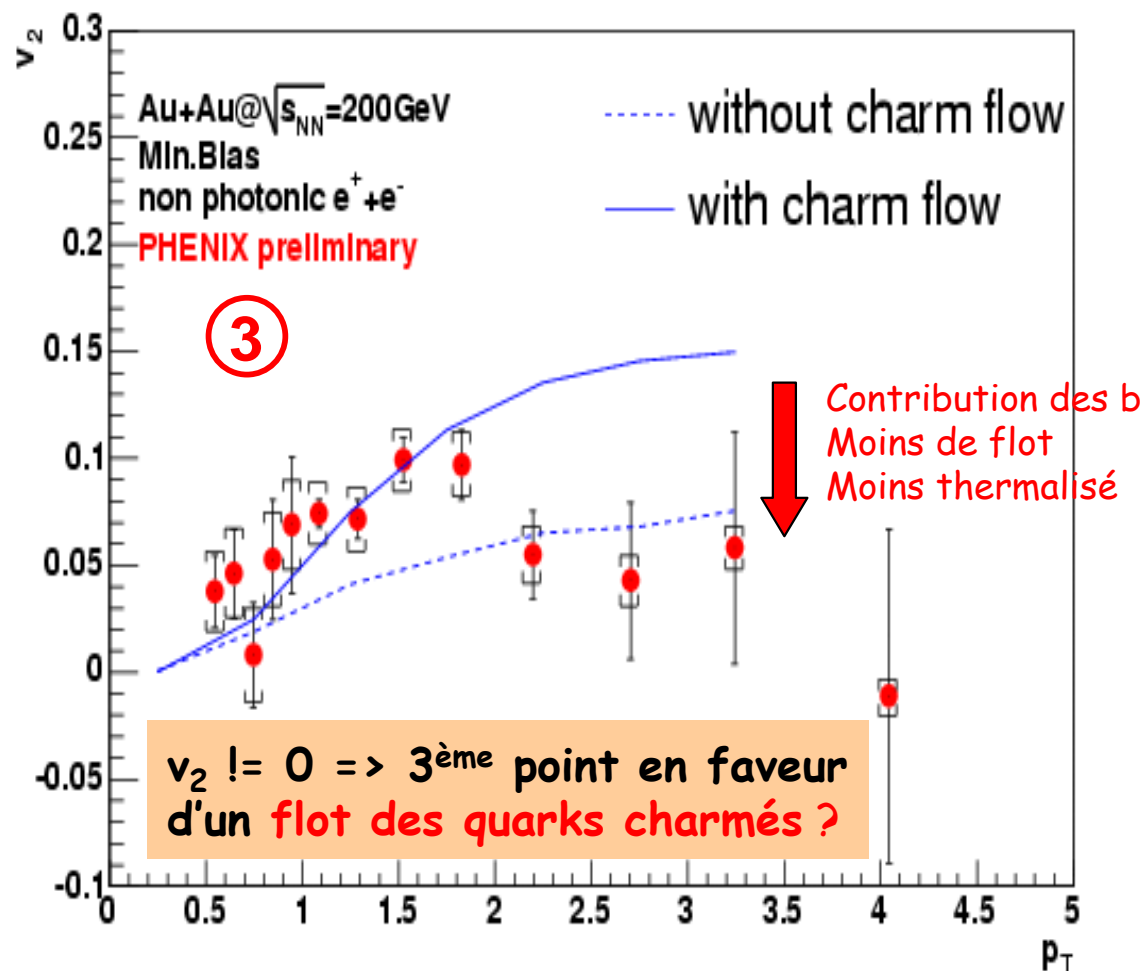
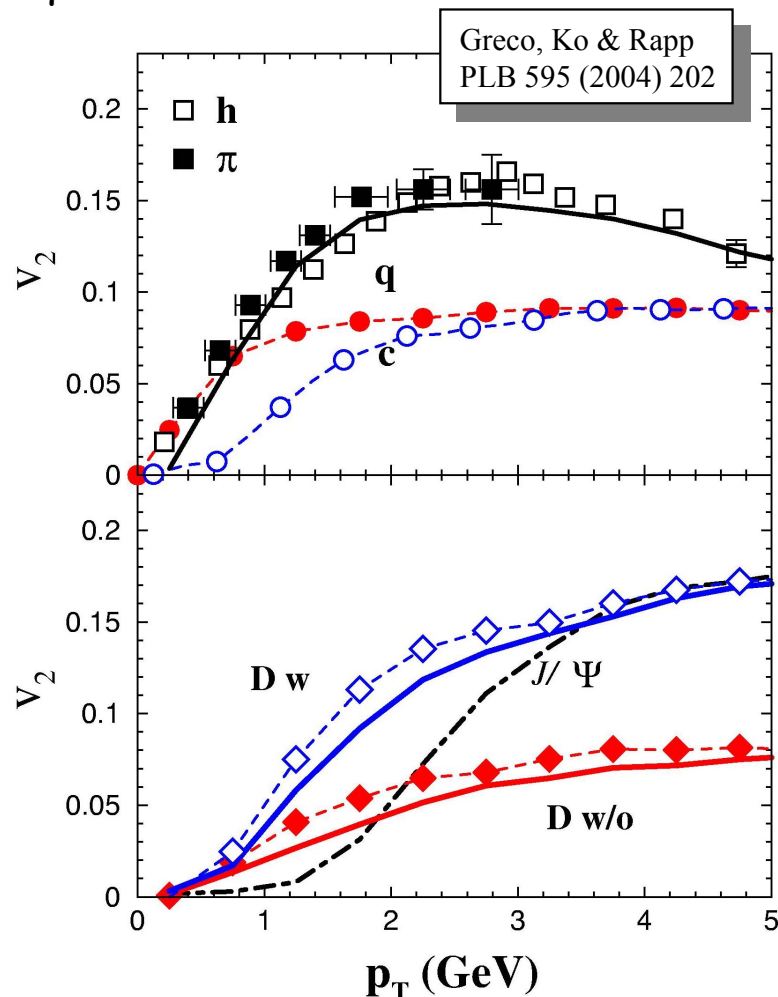
➤ Un autre point plaidant en faveur d'un flot radial non nul pour les mésons D et peut-être un flot des quarks charmés

Extraction du v_2 des électrons non-photoniques

S. Esumi & S. Sakai
SQM 2006

Prédiction des modèles de coalescence avec et sans flot des quarks charmés :

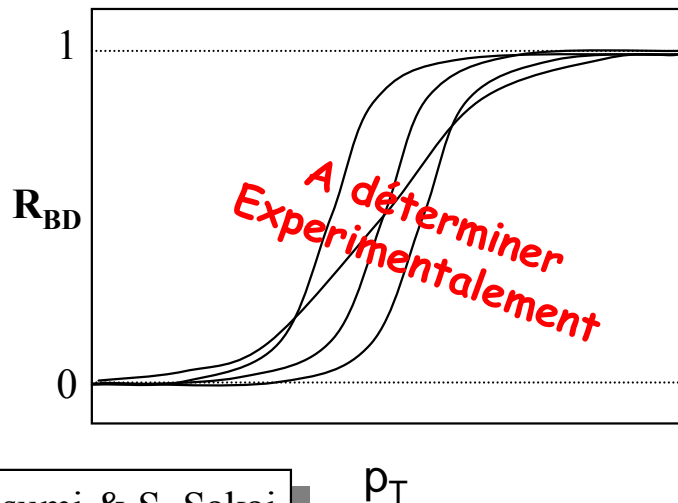
$$v_2^{\text{incl.}} = \frac{N^{\text{non-ph.}} v_2^{\text{non-ph.}} + N^{\text{phot.}} v_2^{\text{phot.}}}{N^{\text{non-ph.}} + N^{\text{phot.}}}$$



v_2 des électrons issus des mésons B ?

- Si la décroissance des mésons B dominait les taux de production des électrons non-photonique ($R_{BD} \sim 1$) déjà à $2 \sim 3 \text{ GeV}/c$ (est-ce possible ?),
- v_2^B pourrait être aussi large que v_2^D .
- Sinon, v_2^B devrait être plus petit.
- Importance de la mesure de R_{BD}

$$R_{BD} = \frac{N_{\text{elec.}}^B}{N_{\text{elec.}}^D + N_{\text{elec.}}^B}$$



S. Esumi & S. Sakai
SQM 2006

